

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU ⁽¹¹⁾ **121 606** ⁽¹³⁾ U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[G05D 23/00 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 17.11.2015)

(21)(22) Заявка: [2012120757/08](#), 18.05.2012(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.05.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.05.2012

(45) Опубликовано: [27.10.2012](#) Бюл. № 30

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19,
"УрФУ", Центр интеллектуальной
собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Воронцов Евгений Юрьевич (RU),
Лисенко Владимир Георгиевич (RU),
Пономарев Николай Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО АДАПТАЦИИ РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области автоматического регулирования температуры в электрических печах сопротивления.

Устройство адаптации регулятора температуры электрической печи сопротивления, включающее последовательно соединенные объект автоматического регулирования - электрическую печь сопротивления, термопару для регулировки температуры печи, элемент сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи, регулятор температуры печи, элемент сравнения выходной величины регулятора и возмущающего воздействия, а также блок линейной модели температуры печи, блок расчета настроек регулятора температуры, блок коррекции настроек регулятора, при этом выход датчика-термопары соединен с элементом сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи, выход элемента сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи соединен со входом регулятора температуры печи, выход элемента сравнения выходной величины регулятора температуры печи и возмущающего воздействия соединен со входом объекта автоматического регулирования, выход блока расчета настроек регулятора связан со входами блока визуализации и блока коррекции настроек регулятора температуры печи, выход блока коррекции настроек регулятора связан с регулятором температуры печи, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено экранированной от нагреваемого материала термопарой, пирометром излучения, наведенного на поверхность материала, блоком базы данных и расчета степени черноты материала, блоком расчета температуры материала, блоком расчета коэффициента теплоотдачи излучением, блоком корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления по температуре, при этом выходы экранированной термопары и

пирометра излучения и выход блока базы данных и расчета степени черноты материала связаны со входом блока расчета температуры материала, выходы экранированной термопары и блока расчета температуры материала связаны со входом блока расчета коэффициента теплоотдачи излучением, выход блока расчета коэффициента теплоотдачи излучением и выход блока линейной модели связаны со входом блока корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления, выход блока корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления связан со входом блока расчета настроек регулятора и со входом блока визуализации.

Устройство обеспечивает непрерывную во времени коррекцию настроек регулятора в условиях электрической печи сопротивления и поддержку высокого качества регулирования без внесения дополнительных идентификационных возмущений на вход объекта.

Полезная модель относится к области автоматического регулирования температуры в электрических печах сопротивления и может быть использована в любой отрасли использующей автоматические регуляторы для контроля температуры тепловых объектов.

Известны устройства для адаптации регуляторов температуры печи, использующие стохастические методы идентификации, включающих измерение температуры термопарой, систему автоматического регулирования температуры, блок расчета настроек регулятора (например, ПИД-регулятора) и блок корректировки настроек регулятора [1-3]. При этом используются линейные модели объекта автоматического регулирования и в блоке коррекции настроек регулятора применяются известные методы определения настроек, например метод Зиглера и Никольса, Копеловича, Ротача и др. [1-4].

Однако недостатком этих устройств является дискретный характер внесения коррекции настроек регулятора, что в случае нелинейного характера поведения объекта приводит к необходимости внесения частых дискретных возмущений на вход объекта, динамическим отклонениям регулируемого параметра, в рассматриваемом случае температуры печи, от заданных значений. Это, в свою очередь, приводит к возникновению дополнительных динамических погрешностей, нарушениям требований к качеству регулирования, особенно в условиях повышенных требований при нагреве ответственных материалов. Например, при нагреве под термообработку в электрической печи изделий из стали ШХ-15, титановых сплавов требуется точность регулирования $\pm 5^\circ\text{C}$ и менее.

Известны такие устройства адаптации регулятора [5], в которых используются расчетные данные нелинейной модели объекта, позволяющие вносить непрерывную детерминированную коррекцию параметров линейной модели объекта без нанесения дополнительных активных возмущающих воздействий на вход объекта, что существенно улучшает качество регулирования и значительно уменьшает время адаптации регулятора. Однако недостатком этого устройства является отсутствие конкретной привязки к регулированию температуры в электрической печи сопротивления и представление применяемых при этом датчиков для измерения выходных параметров объекта в обобщенном виде, что исключает возможность его непосредственного использования в таком объекте как электрическая печь сопротивления, имеющая существенные характерные особенности отдельных элементов печи и тепловых режимов, а также особенности схемы автоматического регулирования температуры печи.

Таким образом, известно устройство адаптации регулятора, принятое за прототип [5].

Однако недостатком этого устройства является невозможность его конкретного использования в сложных специфических конструктивных и режимных условиях регулирования температуры в электрической печи сопротивления и представление датчиков для измерения выходных параметров объекта в обобщенном виде, без конкретной привязки к регулированию температуры в электрической печи сопротивления.

Задача настоящей полезной модели состоит в улучшении качества регулирования при нагреве материала в электрической печи сопротивления при сохранении непрерывности и быстродействия процесса адаптации регулятора температуры печи.

Указанная задача решается тем, что предложено устройство адаптации регулятора температуры электрической печи, включающее последовательно соединенные объект автоматического регулирования - электрическую печь сопротивления для нагрева материала, датчик - термопару для регулировки температуры печи, элемент сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи, регулятор температуры печи, элемент сравнения выходной величины регулятора и возмущающего

воздействия, а также блок линейной модели температуры печи, блок расчета настроек регулятора температуры, блок коррекции настроек регулятора, при этом выход датчика - термопары соединен с элементом сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи, выход элемента сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи соединен со входом регулятора температуры печи, выход элемента сравнения выходной величины регулятора температуры печи и возмущающего воздействия соединен со входом объекта автоматического регулирования, выход блока расчета настроек регулятора связан со входами блока визуализации и блока коррекции настроек регулятора температуры печи, выход блока коррекции настроек регулятора связан с регулятором температуры печи, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено экранированной от нагреваемого материала термопарой, пирометром излучения, наведенного на поверхность материала, блоком базы данных и расчета степени черноты материала, блоком расчета температуры материала, блоком расчета коэффициента теплоотдачи излучением, блоком корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления по температуре, при этом выходы экранированной термопары и пирометра излучения и выход блока базы данных и расчета степени черноты материала связаны со входом блока расчета температуры материала, выходы экранированной термопары и блока расчета температуры материала связаны со входом блока расчета коэффициента теплоотдачи излучением, выход блока расчета коэффициента теплоотдачи излучением и выход блока линейной модели связаны со входом блока корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления, выход блока корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления связан со входом блока расчета настроек регулятора и со входом блока визуализации.

Характерной особенностью электрической печи сопротивления является наличие в качестве элементов, обеспечивающих поступление теплоты в рабочее пространство печи, резисторов, а также наличие диатермической (не поглощающей излучение) атмосферы в рабочем пространстве.

Таким образом, теплообменная система печи включает три основных компонента: нагреваемый материал, стенки, свод и под печи (обмуровка печи) и резисторы (см. рис.2)... Используемая для управления тепловым режимом термопара при этом облучается этими тремя компонентами и представляет собой, так называемую, температуру печи [6].

При использовании адаптивного регулятора [5] линейное дифференциальное уравнение объекта регулирования представляется в виде:

$$T \frac{dx_{\text{вых}}}{dt} + x_{\text{вых}} = Kx_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где $x_{\text{вых}}$ и $x_{\text{вх}}$ - выходная и входная величины объект, T - постоянная времени, с.

При регулировании температуры в электрической печи сопротивления уравнение (1) представляется в виде

$$T \frac{d\theta_{\text{эф}}}{dt} + \theta_{\text{эф}} = \theta_{\text{рез}}, \quad (2)$$

где $\theta_{\text{эф}}$ - эффективная температура печи [6], $\theta_{\text{рез}}$ - температура резисторов.

Для электрической печи сопротивления основой теплопередачи составляет перенос теплоты излучением и величина постоянной времени равна [5]

$$T = \frac{mC}{\alpha_u F}. \quad (3)$$

где m , C и F - масса, удельная теплоемкость и поверхность термопары; α_u - коэффициент теплообмена излучением, равный

$$\alpha_u = \frac{\sigma_{\text{вид}} (\theta_{\text{эф}}^4 - \theta_{\text{м}}^4)}{\theta_{\text{эф}} - \theta_{\text{м}}}, \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{вид}}$ - видимый коэффициент теплоотдачи излучением, $\theta_{\text{м}}$ - температура нагреваемого материала.

В соответствии с уравнениями (2) и (4) модель объекта (2) уже описывается нелинейным уравнением и при постоянстве коэффициентов m , C и F в уравнении (3) эта нелинейность зависит от изменения коэффициента теплоотдачи излучением α_u в функции эффективной температуры печи $\theta_{\text{эф}}$ и температуры материала $\theta_{\text{м}}$.

Корректировка постоянной времени T при изменяющихся в процессе нагрева материала величина α_u в соответствии с уравнением (3) вычисляется по соотношению

$$T_{\text{кор}} = T \frac{\alpha_u}{\alpha_{u,\text{кор}}}, \quad (5)$$

где T и α_u - величины при условии линейной модели электрической печи сопротивления; $T_{\text{кор}}$ и $\alpha_{u,\text{кор}}$ - соответствующие скорректированные значения.

При измерении температуры поверхности материала $\theta_{\text{п}}$ пирометром излучения и определении эффективной температуры печи $\theta_{\text{эф}}$ балансовое уравнение теплоты излучением имеет вид (с учетом отраженного от поверхности материала потока излучения)

$$\sigma_0 \theta_{\text{п}}^4 = \varepsilon_{\text{м}} \sigma_0 \theta_{\text{м}}^4 + \sigma_0 \theta_{\text{эф}}^4 (1 - \varepsilon_{\text{м}}), \quad (6)$$

где σ_0 - коэффициент излучения абсолютно черного тела (постоянная Стефана-Больцмана,; $\sigma_0 = 5,57 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2\text{К}^4)$)

$\varepsilon_{\text{м}}$ - степень черноты поверхности материала;

$\theta_{\text{м}}$ - истинная температура материала, К.

Из уравнения (6) следует, что температура материала

$$\theta_{\text{м}} = \sqrt[4]{\frac{\theta_{\text{п}}^4 - \theta_{\text{эф}}^4 (1 - \varepsilon_{\text{м}})}{\varepsilon_{\text{м}}}}. \quad (7)$$

При широко распространенном способе в действующих электрических печах сопротивления измерения температуры в печи открытой термопарой на ее спай попадают потоки излучения стенок печи, резисторов и материала. Поэтому температура открытой термопары не может быть использована для подстановки в уравнение (7). При определении эффективной температуры $\theta_{\text{эф}}$ должно исключаться влияние на нее температуры поверхности металла $\theta_{\text{м}}$.

В [6] предлагается эффективную температуру в электрической печи сопротивления принимать на 50°C выше конечной температуры металла (см. [6, стр.275]). Однако такой метод не может быть применим в случае управления процессом нагрева, так как эффективная температура непрерывно изменяется в процессе нагрева.

В предлагаемой полезной модели для непрерывного определения эффективной температуры печи предложено устанавливать в рабочем пространстве печи дополнительную термопару с экраном, экранирующем рабочий спай термопары от излучения материала. Этот экран изготовлен из керамического огнеупорного материала, его конструкция выполнена либо многослойной с воздушными прослойками, либо в виде экрана Шака с продольными отверстиями в толще керамического экрана.

В формуле (6) при определении температуры материала требуется использование данных о степени черноты материала. Известно, что степень черноты материала зависит от его температуры

$$\varepsilon_{\text{м}} = f(\theta_{\text{м}}). \quad (8)$$

Конкретное значение функции (8) зависит от природы нагреваемого материала и состояния его поверхности. Для многих материалов (металлы, диэлектрики, полупроводники) подробные данные о функции (7) приведены, например, в [7-13]. В частности, для металлов с чистой полировочной поверхностью величина $\varepsilon_{\text{м}}$ вычисляется, например, с использованием формулы Ашкинасса

$$\varepsilon_{\text{м}} = 0,576 \sqrt{\rho_{\text{э}} \theta_{\text{м}}}, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{э}}$ - величина удельного сопротивления металла.

В реальных условиях нагрева материала его поверхность может иметь шероховатость и окисные пленки, и тогда зависимость величины $\varepsilon_{\text{м}}$ от температуры может существенно измениться. В этом случае для различных материалов используются данные [7-13], приведенные либо в графической, либо в табличной форме.

В предложенной полезной модели предложен блок базы данных по зависимостям (8), которые должны быть представлены для конкретных условий нагрева того или иного материала. Эти данные представляются в аналитической, графической или табличной форме.

При измерениях величины $\theta_{\text{м}}$, $\theta_{\text{п}}$ выбранных из базы данных по зависимостям (7) или (9) степени черноты материала путем последовательных приближений (неизвестные величины $\varepsilon_{\text{м}}$ и $\theta_{\text{м}}$) по формуле (6) определение температур материала, по формуле (4) - величина $\alpha_{u,\text{кор}}$ по формуле (5) вводится корректировка на

постоянную времени $T_{кор}$. Определение динамического параметра модели объекта $T_{кор}$ позволяет оценивать и адаптировать настройки регулятора температуры печи по методикам [1-4].

На фиг.1. и 2. Представлены схемы предлагаемого устройства.

Устройство включает:

Фиг.1 - 1 - рабочее пространство электрической печи сопротивления; 2 - регулятор температуры печи; 3 - регулируемую термопару; 4 - элемент сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи; 5 - элемент сравнения выходной величины регулятора и возмущающего воздействия; 6 - экранированную термопару; 7 - пирометр излучения; 8 - блок расчета температуры материала; 9 - блок базы данных и расчета степени черноты материала; 10 - блок расчета коэффициента теплоотдачи излучением; 11 - блок корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления по температуре; 12 - блок линейной модели температуры печи; 13 - блок расчета настроек регулятора; 14 - блок корректировки настроек регулятора температуры; 15 - блок визуализации скорректированных текущих параметров модели печи и настроек регулятора; θ_p - выход.

Величина объекта регулирования - температура рабочего пространство печи по показаниям регулирующей термопары; $\theta_{зад}$ - заданное значение температуры рабочего пространства печи; u_v - возмущающее воздействие в процессе нагрева.

Рис.2. 16 - рабочее пространство печи; 17 - нагреваемый материал; 18 - обмуровка печи; 19 - резисторы-нагреватели; 20 - регулировочная термопара; 21 - пирометр излучения; 22 - экранированная термопара; 23 - экран.

Устройство работает следующим образом.

Объект регулирования 1 (фиг.1) представляет собой рабочее пространство электрической печи сопротивления 16 (рис.2) для нагрева материала 17 (рис.2), например, металл под пластическую или термическую обработку. Регулирующая термопара 3 (рис.1), 20 (рис.2) в совокупности с регулятором 2 элементами сравнения 4 и 5 осуществляют регулирование температуры рабочего пространства печи в соответствии с заданным значением температуры $\theta_{зад}$ по отклонению от задания по принципу отрицательной обратной связи с компенсацией возмущающего воздействия u_v (колебания напряжения в управляющей сети печи, открытие рабочих окон и т.д.)

Блок линейной модели 12 содержит линейную модель по температуре печи с формально определенной постоянной времени печи по температуре T и коэффициентом теплоотдачи излучения α_u (см. уравнение (2)). Показания экранированной термопары 6 $\theta_{эф}$ (фиг.1), 22 (фиг.2) с экраном 23 (фиг.2), пирометра излучения 7 $\theta_{п}$ (фиг.1), 21 (фиг.2), а также данные о степени черноты металла ϵ_m (блок 9, фиг.1) используются в блоке 8 (рис.1) для расчета температуры материала θ_m по формуле (6). С использованием показаний экранированной термопары 6, (фиг.1), 22 (фиг.2) и рассчитанного в блоке 8 температуры материала в блоке 10 приводится расчет текущего значения коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_{u,кор}$ (см. формулу (4)).

Данные о коэффициенте теплоотдачи излучением $\alpha_{u,кор}$ поступают из блока 10 в блок 11, в котором проводится корректировка постоянной времени печи по температуре $T_{кор}$ с использованием данных линейной модели печи (блок 12) и формулы (5). Данные о постоянной времени печи по температуре используются в блоке 13 (фиг.1) для расчета настроек регулятора. Данные о настройках регулятора используются для корректировки настроек регулятора в блоке 14 и вводятся в схему регулятора 2. Блок 15 осуществляет визуализацию данных о текущих значениях настроек регулятора (блок 13) и постоянной времени объекта $T_{кор}$ (блок 11).

Техническим результатом является улучшение качества автоматического регулирования за счет уменьшения динамических погрешностей процесса регулирования.

Пример реализации полезной модели.

Регулирование температуры в электропечи сопротивления для нагрева титановых изделий.

Этот пример является весьма типичным для многих весьма ответственных технологических процессов, в которых осуществляется нагрев и самых различных материалов, при этом требования к равномерности и точности нагрева к настоящему времени часто достигают уже метрологических предельных значений ($\pm 5^\circ\text{C}$).

В соответствии с предложенной полезной моделью электропечь сопротивления снабжена регулирующей термопарой, экранированной термопарой, пирометром

излучения, наведенного на поверхность титанового изделия (см. фиг.1, 2) и ПИД-регулятором для регулирования температуры печи.

Оценим требуемые настройки ПИД-регулятора на примере нагрева начала нагрева и конца нагрева.

В начале нагрева эффективная температура печи по показаниям экранированной термопары $\theta_{эф}=1395^{\circ}\text{C}=1668\text{ K}$; температура, показываемая пирометром излучения $\theta_{п}=1440^{\circ}\text{C}=1713\text{ K}$. В начале нагрева температура поверхности металла невысокая и поверхность не окисленная, тогда по данным [8, стр.250, рис.40] степень черноты титана $\epsilon_{м}=0,3$. Эти данные вводятся в блок 9 базы данных. В блоке 8 с использованием этих данных определяется температура металла.

По формуле (7) определим температуру металла в начале нагрева

$$\theta_{м} = \sqrt[4]{\frac{1668^4 - 1823^4(1 - 0,3)}{0,3}} = 423\text{K} = 150^{\circ}\text{C}$$

В конце нагрева эффективная температура печи $\theta_{эф}=1800^{\circ}\text{C}=2073\text{ K}$. Температура, показываемая пирометром, $\theta_{п}=1382^{\circ}\text{C}=1665\text{ K}$.

В конце нагрева поверхность титана окислена, при этом по данным [8, стр.250, рис.40] $\epsilon_{м}=0,65$

По формуле (7)

$$\theta_{м} = \sqrt[4]{\frac{1655^4 - 2073^4(1 - 0,65)}{0,65}} = 1124\text{K} = 851^{\circ}\text{C}$$

В блоке 10 по формуле (4) определяется коэффициент теплоотдачи излучением $\alpha_{и.кор}$ при $\sigma_{вид}=3,2 \cdot 10^{-8}\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$ (определяем для рабочего пространства печи по известным соотношениям [6, 9]):

для начала нагрева

$$\alpha_{и.кор} = \frac{3,2 \cdot 10^{-8}(1823^4 - 423^4)}{1823 - 423} = 251,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$$

для конца нагрева

$$\alpha_{и.кор} = \frac{3,2 \cdot 10^{-8}(2073^4 - 1124^4)}{2073 - 1124} = 568,9\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$$

В блоке линейной модели 12 по температуре печи, предполагающей постоянство постоянной времени объекта Т, с использованием методики идентификации (например, кривой разгона) определим для некоторых усредненных параметрах нагрева время запаздывания $\tau_{зап}=15\text{ с}$ и постоянная времени объекта $T=200\text{ с}$ при характерном для процесса нагрева значении коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_{и}=350\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$.

В блоке 9 приводится таблица корректировки постоянных времени объекта с использованием формулы (5).

В частности, для начала нагрева

$$T_{кор}^н = 200 \frac{350}{251,7} = 278,1\text{ с}$$

Для конца нагрева

$$T_{кор}^к = 200 \frac{350}{568,9} = 123,0\text{ с}$$

Таким образом, в процессе обработки материала постоянная времени объекта изменилась в 2,26 раза, что требует существенной корректировки настроек регулятора.

Так в случае ПИД-регулятора его настройки рассчитываются в блоке 13, например, с использованием методики Копеловича для аperiodического процесса регулирования по формулам [4]

$$K_p = \frac{0,95 T_{кор}}{K \tau_{зап}}, \quad T_i = 2,4\tau, \quad T_d = 0,4\tau$$

где K_p , T_i и T_d - настройки регулятора - коэффициент пропорциональности, время интегрирования и время дифференцирования соответственно.

Тогда для начала нагрева

$$K_p = \frac{0.95 \cdot 278.1}{1.15} = 17.6; T_{и}=2,4 \cdot 15=36 \text{ с}; T_{д}=0,4 \cdot 15=6 \text{ с}$$

для конца нагрева

$$K_p = \frac{0.95 \cdot 123.0}{1.15} = 7.79; T_{и}=2,4 \cdot 15=36 \text{ с}; T_{д}=0,4 \cdot 15=6 \text{ с}$$

Таким образом, в соответствии с изменением постоянной времени настройки ПИД-регулятора также изменяются от начала до конца нагрева в 2,26 раза. Эти расчетные значения настроек регулятора используются в блоке корректировки настроек регулятора температуры 14 и вводятся в схему регулятора 2.

Соответствующее изменение настроек ПИД-регулятора электрической печи сопротивления обеспечивает непрерывное по ходу процесса нагрева качество процесса регулирования с наименьшими возможными динамическими отклонениями температуры от задания и временем регулирования.

Таким образом, предлагаемое устройство адаптации регулятора обеспечивает непрерывную во времени коррекцию настроек регулятора в конкретных условиях электрической печи сопротивления и тем самым поддержание высокого качества регулирования (динамическое отклонение, время регулирования) без внесения дополнительных идентификационных возмущений на вход данного объекта.

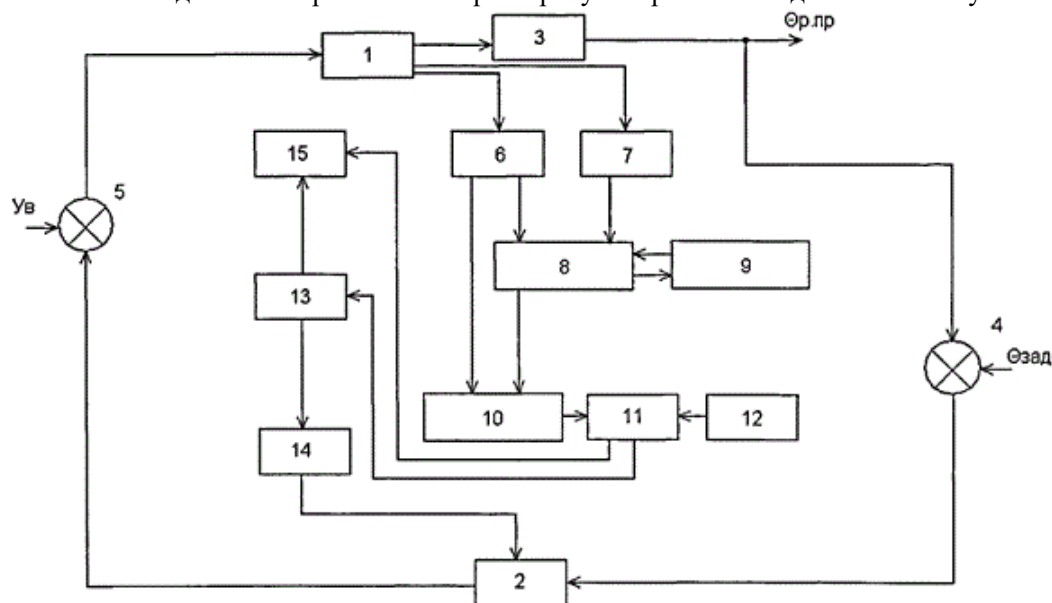
ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. - Современные технологии автоматизации, 2008, №1. - с.86-99.
2. Ротач В.И. Теория автоматического управления. - М.: МЭИ, 2004. - 400 с.
3. Сметана А.З. Автоматическая и автоматизированная настройка регуляторов теплоэнергетических процессов. Теплоэнергетика, 2004, №11, с.47-52.
4. Чесноков Ю.Н., Гусев О.А. Проектирование систем регулирования на ПК / Под ред. В.В.Муханова. Екатеринбург: УГТУ, 1999. - 108 с.
5. Лисиенко В.Г. Устройство адаптации регулятора. Патент на изобретение РФ., №2285943, Оpubл. 20.10.2000, Бюл. №29.
6. Китаев Б.Н., Зобнин Б.Ф., Ражников В.Ф. и др. Теплотехнические расчеты металлургических печей. Учебное пособие / Под ред. А.С.Телегина. - М.: Металлургия, 1970. - 528 с.
7. Лисиенко В.Г., Шлеймович Е.М., Ладыгичев М.Г., Санников С.П., Щелоков Я.М. Температура: теория, практика, эксперимент: Справочное издание: В 3-х томах. Т.1, кн.3. Методы контроля температуры / Под ред. В.Г.Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2009. - 537 с.
8. Лисиенко В.Г., Шлеймович Е.М., Ладыгичев М.Г., Санников С.П., Щелоков Я.М. Температура: теория, практика, эксперимент: Справочное издание: В 3-х томах. Т.1, кн. 2. Методы контроля температуры / Под ред. В.Г.Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2009. - 339 с.
9. Невский А.С. Лучистый теплообмен в печах и топках. М.: Металлургия, 1971. - 439 с.
10. Журавлев Ю.А. Радиационный теплообмен в огнетехнических установках. - Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1983. - 256 с.
11. Baukal Ch.E. Heat Transfer in Industrial Combustion. Boca Raton et al.: CRC Press, 2000. - 545 p.
12. Л.Н.Латыев. Излучательные способности твердых тел / Л.Н.Латыев, В.А.Петров, В.Я.Чеховский и др. / Под ред. А.Е.Шейндлина. - М.: Энергия, 1974. - 471 с.
13. Heat Exchanger Design Handbook / Executive Ed. G.F. Hewitt. Part 1 - Part 5. Begell House. Inc.: New York, Wallinford (U.K.), 2002

Формула полезной модели

Устройство адаптации регулятора температуры электрической печи сопротивления, включающее последовательно соединенные объект автоматического регулирования - электрическую печь сопротивления для нагрева материала, датчик-термопару для регулирования температуры печи, элемент сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи, регулятор температуры печи, элемент сравнения выходной величины регулятора и возмущающего воздействия, а также блок линейной модели температуры печи, блок расчета настроек регулятора температуры, блок коррекции настроек регулятора, при этом выход датчика-термопары соединен с элементом сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи, выход элемента сравнения температуры печи и заданных значений температуры печи соединен со входом регулятора температуры печи, выход элемента сравнения

выходной величины регулятора температуры печи и возмущающего воздействия соединен со входом объекта автоматического регулирования, выход блока расчета настроек регулятора связан со входами блока визуализации и блока коррекции настроек регулятора температуры печи, выход блока коррекции настроек регулятора связан с регулятором температуры печи, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено экранированной от нагреваемого материала термопарой, пирометром излучения, наведенного на поверхность материала, блоком базы данных и расчета степени черноты материала, блоком расчета температуры материала, блоком расчета коэффициента теплоотдачи излучением, блоком корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления по температуре, при этом выходы экранированной термопары и пирометра излучения и выход блока базы данных и расчета степени черноты материала связаны со входом блока расчета температуры материала, выходы экранированной термопары и блока расчета температуры материала связаны со входом блока расчета коэффициента теплоотдачи излучением, выход блока расчета коэффициента теплоотдачи излучением и выход блока линейной модели связаны со входом блока корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления, выход блока корректировки постоянной времени электрической печи сопротивления связан со входом блока расчета настроек регулятора и со входом блока визуализации.

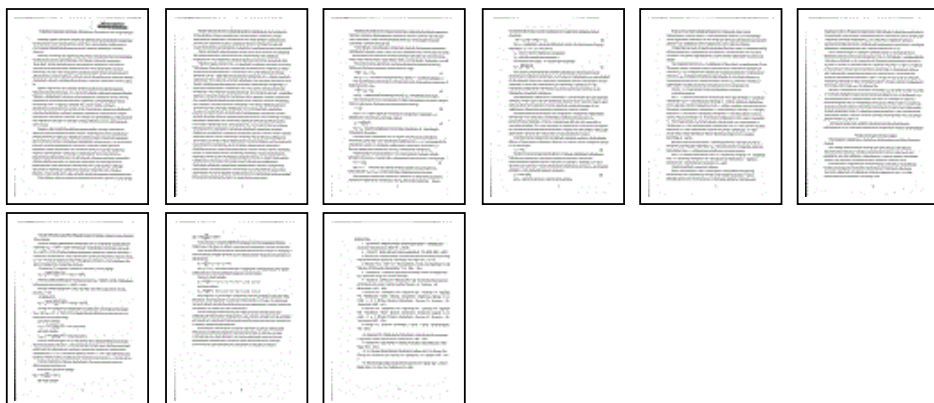


ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

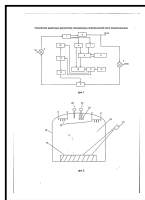
Реферат:



Описание:



Рисунки:



ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **12.11.2012**

Дата публикации: [10.09.2013](#)